



Maud Fontenay Foundation

Oceans Are Humanity's Future

en partenariat avec



Cluster Maritime Français

*Le Faïen-Savoir Maritime
The Maritime Voice*



LYCÉE



***Les énergies
marines renouvelables***

Livre du professeur

AVANT-PROPOS



Le kit pédagogique que vous allez découvrir a été élaboré en collaboration avec des partenaires qui font référence dans la connaissance et la préservation des océans.

Ce travail est le fruit d'une synthèse entre des spécialistes engagés dans les études les plus récentes.

Il adopte avec conviction une ligne équilibrée et engagée.

ÉQUILIBRÉE car elle donne la parole à tout le monde : chercheurs, spécialistes de l'écologie, défenseurs des intérêts du secteur maritime, représentants des professionnels... Autant d'acteurs qui ont parfois des opinions divergentes. Souvent complémentaires. Le but de la Fondation n'est pas de trancher mais de donner à chacun les éléments nécessaires à la compréhension de notre planète mer.

ENGAGÉE car, de la synthèse de toutes ces opinions, émerge une ligne éditoriale qui appelle à la protection des océans et de notre patrimoine naturel marin.

Celle de la Maud Fontenoy Foundation :

SAUVER L'OCÉAN, C'EST SAUVER L'HOMME !

MODE D'EMPLOI

DU DOSSIER PÉDAGOGIQUE

Le kit pédagogique, c'est quoi ?

Ce kit est un outil complémentaire au programme officiel de l'Éducation nationale. Il s'inscrit dans les grandes thématiques enseignées au Collège et au Lycée dans les filières générales et professionnelles. À travers l'apprentissage du développement durable, il explique ce que l'Océan apporte à l'Homme. Réservoir de matières premières, puits de ressources pour développer les énergies renouvelables, berceaux de multiples innovations technologiques et de médicaments...

Les océans sont le terreau de solutions extraordinaires pour aider les Hommes à faire face au présent et à se tourner vers l'avenir.

Comment ça marche ?

Composé de 10 fiches pédagogiques, le kit 100 % Océan s'appuie sur de nombreux exemples et schémas pour illustrer les thématiques abordées et propose un planisphère pour situer les pays évoqués.

Dans ce livre du professeur, offert en complément du kit, les enseignants trouveront un mode d'emploi leur permettant d'utiliser pleinement les 10 fiches thématiques dans le cadre des programmes de l'Éducation nationale, et de mettre en pratique leurs connaissances en participant au défi national des lycées.

À l'heure de la transition énergétique, du développement durable et à l'orée des innovations maritimes, nous avons souhaité vous présenter les énergies marines renouvelables : un secteur d'avenir qui rassemble innovations technologiques et grands enjeux contemporains.

Comment l'utiliser ?

Le sommaire des thèmes et le tableau des programmes de lycée de l'Éducation nationale vous aideront à cibler les fiches qui correspondent aux disciplines que vous enseignez.

Repérez facilement les enseignements qui vous intéressent en fonction :

- **du cycle :**
seconde, première ou terminale,
- **de la matière :**
Histoire et géographie, sciences de la vie et de la Terre, etc.,
- **de la série :**
économique et sociale (ES), scientifique (S), littéraire (L), sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D), sciences et technologies de la gestion (STG), sciences et technologies du management et de la gestion (STMG), etc.

LE PROGRAMME

DU LYCÉE ET LE KIT 100 % OCÉAN

Voici un tableau qui permettra aux professeurs de faire coïncider le programme scolaire avec les fiches du kit pédagogique. Il vous suffit pour cela de vous reporter aux entrées concernant votre niveau d'enseignement et la matière que vous enseignez. Nous remercions l'Inspection Générale de l'Éducation nationale qui nous a accompagnés dans l'élaboration de ce travail.

SECONDE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIQUE

Histoire et géographie

Les enjeux du développement durable	Fiches 1 à 10
Gérer les ressources terrestres Nourrir les hommes L'eau, ressource essentielle L'enjeu énergétique	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines ! Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livre du professeur (Les énergies marines renouvelables)
Aménager la ville	Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Livre du professeur (Les énergies marines renouvelables)
Gérer les espaces terrestres Les mondes arctiques, une nouvelle frontière sur la planète Les littoraux, espaces convoités Les espaces exposés aux risques majeurs. DROM*	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livre du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 9 : La plage, un milieu vivant à préserver

DROM* Départements et régions d'Outremer : adaptation des programmes nationaux d'enseignement d'histoire-géographie-éducation civique du lycée pour les collectivités, les territoires et les régions d'outre-mer



Sciences de la vie et de la terre

La Terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant : une planète habitée Les conditions de la vie : une particularité de la Terre ? La nature du vivant La biodiversité, résultat et étape de l'évolution	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture
Enjeux planétaires contemporains : énergie, sols Le soleil : une source d'énergie essentielle Le sol : un patrimoine durable ?	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation



Enseignements d'exploration

Programme de biotechnologies Caractérisation de la pollution de l'environnement Dépollution biologique Recherche Agronomique	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 9 : La plage, un milieu vivant à préserver
Programme de sciences de laboratoire	Kit 100 % Océan
Programme de sciences de l'ingénieur L'habitat L'énergie La culture et les loisirs La bionique	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture Livres du professeur (Les métiers de la mer)
Programme de méthode et de pratique scientifique Protection de l'environnement Sécurité sanitaire	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 5 : Préservons les ressources marines ! Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation
Programme de création et innovation technologiques	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture

PREMIÈRE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIQUE



Histoire et géographie

L et ES	Aménager et développer le territoire français DROM* La gestion durable d'un milieu / Potentialités et contraintes du territoire français (ultramarin compris)	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	L'UE : dynamique de développement des territoires DROM* Les territoires ultramarins de l'Union européenne et leur développement.	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	France et Europe dans le monde	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	Croissance et mondialisation	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
S	Croissance et mondialisation	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	La République Française face aux enjeux du XXI^e siècle	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines ! Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation
ST2D, STL, STD2A	La France contemporaine	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	La mondialisation Interdépendances et hiérarchisations	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie
STMG	Les territoires européens	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie
	La France : population, mobilités et territoires	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
	La France : dynamique de localisation des activités	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Livres du professeur (Les métiers de la mer)
ST2S	La France : dynamique des activités et des populations	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)
	La France dans la dynamique européenne	Fiche 5 : Préservons les ressources marines !



Sciences de la vie et de la terre

ES et L	Nourrir l'humanité	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 5 : Préservons les ressources marines !
	Le défi énergétique	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)
S	La terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture
	Enjeux planétaires contemporains	Fiches 1 à 10



Enseignements en Sciences et Technologies

STI2D	Spécialité énergie et environnement	Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)
STL	Biotechnologies : appliquées à la santé, aux bio-industries et à l'environnement	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)

TERMINALE GÉNÉRALE ET TECHNOLOGIQUE



Histoire et géographie

S	Grandes puissances et conflits dans le monde depuis 1945 DROM* Les espaces maritimes aujourd'hui : approche géostratégique	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines ! Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)
ES et L	Clés de lecture d'un monde complexe	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans.

Technologique et STG	La mondialisation	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie
	Pôles et aires de puissance	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines !
	Uniformisation, différenciation du monde	Fiche 5 : Préservons les ressources marines ! Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture

ST2S	La mondialisation	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie
	La France dans le monde	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables)

STMG	Les relations internationales	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur : Les énergies marines renouvelables Livres du professeur : Spécial métiers de la mer
	La mondialisation	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie
	La France dans le monde	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur : Les énergies marines renouvelables



Sciences de la vie et de la terre

S	La terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Fiche 10 : Protégeons la biodiversité pour préserver notre culture
	Enjeux planétaires contemporains	Fiches 1 à 10



Enseignements en Sciences et Technologies

STI2D	Spécialité énergie et environnement	Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans. Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)
STL	Biotechnologies :	Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livres du professeur (Les énergies marines renouvelables) Fiche 8 : Imiter la nature pour favoriser l'innovation Livres du professeur (Les métiers de la mer)

CLASSES PRÉPARATOIRES AU CERTIFICAT D'APTITUDE PROFESSIONNELLE (CAP)

Géographie	> Le développement inégal > Nourrir les hommes > Les sociétés face aux risques	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans
Éducation civique	Engagements individuels et collectif	Le défi lycée Livre du professeur : Spécial métiers de la mer
Prévention santé environnement	Participer à la protection de l'environnement	Fiches 1 à 10

CLASSES PRÉPARATOIRES AU BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

SECONDE

Géographie	> Nourrir les hommes > L'enjeu énergétique > Les sociétés face aux risques	Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les hommes Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 5 : Préservons les ressources marines Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain ! Livre du professeur : Les énergies marines renouvelables
Éducation civique	Engagements individuels et collectif	Le défi lycée
Prévention santé environnement	> Alimentation et santé > Gestion des ressources naturelles et développement durable	Fiches 1 à 10

PREMIÈRE

Géographie	> Acteurs, flux, réseaux de la mondialisation > Mondialisation et diversité culturelle > Pôles et aires de puissance > Les sociétés face aux risques	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les Hommes Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans Fiche 10 : protégeons la biodiversité pour préserver notre culture Livre du professeur : Les énergies marines renouvelables
Prévention santé environnement	> Alimentation et santé > Gestion des ressources naturelles et développement durable	Fiches 1 à 10

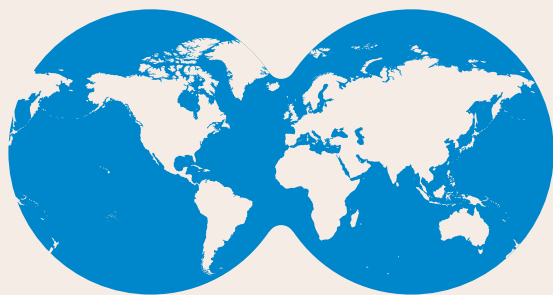
TERMINALE

Géographie	> La France dans l'UE et dans le monde > Mondialisation et diversité culturelle > Acteurs et enjeux de l'aménagement des territoires français > Les sociétés face aux risques	Fiche 1 : Bienvenue sur la planète mer Fiche 2 : Les océans sont vitaux pour les Hommes Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans Fiche 10 : protégeons la biodiversité pour préserver notre culture Livre du professeur : Les énergies marines renouvelables
Éducation civique	Citoyenneté et environnement	Fiche 3 : Les océans au cœur de notre économie Fiche 4 : Quand les océans souffrent de la pollution Fiche 6 : Le réchauffement climatique bouleverse le fonctionnement des océans Fiche 7 : Cap sur les énergies de demain Fiche 8 : imiter la nature pour favoriser l'innovation
Prévention santé environnement	> Alimentation et santé > Gestion des ressources naturelles et développement durable	Fiches 1 à 10

1 Un avenir plein d'énergies renouvelables !

Pour approfondir et comprendre les énergies renouvelables, rendez-vous à la fiche 7 du kit 100% océans

Les pays du monde entier se tournent vers les énergies renouvelables. 71% de la surface de la planète est recouverte par l'océan : les énergies marines y sont plus que jamais d'actualité !



On peut désigner les énergies marines renouvelables par l'abréviation « EMR ».

Pourquoi des énergies marines renouvelables ? D'où viennent-elles ? Comment fonctionnent-elles ? Entre modernité d'aujourd'hui et de demain, il est utile de comprendre les enjeux contemporains du développement des énergies marines en France, dans les îles, et dans le monde. Entre inventions et innovations, partons à la découverte du potentiel de l'océan, et des futurs qu'il nous offre !

« L'énergie ceci, l'énergie cela... » : On en entend beaucoup parler, mais pourquoi ?

Commençons par comprendre l'énergie. Quoi que l'on fasse, où que l'on soit et quelles que soient nos activités, nous avons besoin d'énergies telles que l'électricité, la chaleur, la lumière... La production, l'acheminement et la transformation d'énergie assurent l'accès aux besoins les plus élémentaires des Hommes, et conditionnent le fonctionnement des sociétés humaines. Or, une société qui fonctionne bien peut se développer et offrir une bonne qualité de vie. C'est pourquoi l'accès à l'énergie représente une richesse vitale à préserver !

Des énergies à n'en plus finir

Il existe différentes sources d'énergies que l'on peut transformer pour obtenir de l'électricité, de la lumière ou de la chaleur : le soleil et ses rayonnements, la force de l'eau, les vents, le bois, le gaz, le charbon, le pétrole, l'uranium... Malheureusement, certaines d'entre elles ne se renouvellent pas assez vite (des centaines de millions d'années !) ou deviennent trop nocives pour l'Homme et pour la nature lorsqu'elles sont exploitées de manière intensive. Elles peuvent produire des déchets nocifs et difficiles à traiter, ou représenter une menace pour l'environnement et

L'énergie, ça se mesure !

Des unités de mesure permettent d'évaluer la puissance et la quantité de la production d'énergie. Au niveau international on parle du « joule », même si l'unité employée le plus couramment est le « kilowattheure » (kWh). Le watt est une unité de puissance de l'énergie (kilo, mega, giga, tera) divisée par un temps (pour le kWh, il s'agit du nombre de kilowatt dépensé par heure). Le watt tient son nom de James Watt. Il est l'innovateur qui améliora la machine à vapeur, machine qui permit la révolution industrielle !



les populations se situant à proximité des unités de production. Mais rassurons-nous, il y aura toujours des sources d'énergies sur la planète : c'est leur exploitation, leur transformation et leurs utilisations que nous devons sans cesse faire évoluer.

Et justement ! Des centaines de chercheurs, de scientifiques, d'inventeurs et d'innovateurs travaillent depuis des années pour permettre le développement d'énergies marines renouvelables... Les regards se tournent résolument vers les richesses fabuleuses de l'océan.

2 Un enjeu de société

Nombreux sont les défis du monde contemporain : remplacer les sources d'énergie dont les stocks s'épuisent, lutter contre le réchauffement climatique tout en assurant le développement économique, limiter le gaspillage de l'énergie, la rendre accessible à tout le monde... Plus respectueuses de l'environnement, inépuisables, créatrices d'emplois... Nombreux sont les atouts des énergies marines renouvelables !

Un défi éco-citoyen

Les économies d'énergies, la lutte contre le gaspillage énergétique et l'innovation ne sont pas seulement l'affaire des gouvernements : c'est notre affaire à tous ! Des plus petits gestes du quotidien aux idées qui changent l'avenir, l'écocitoyenneté s'exprime à la maison, au travail, et à l'école !



L'écocitoyenneté c'est quoi ?

C'est prendre conscience que nous avons le droit d'exploiter les ressources de notre environnement, tout en ayant le devoir de ne pas les épuiser et de maintenir cet environnement en bonne santé, pour le bien de tous.

Pour soi-même, car tout individu a le droit de vivre dans un lieu sain, de ne pas avoir froid ou faim, et d'être en bonne santé.

Pour les autres, car une société doit pouvoir aménager ses villes et ses campagnes. Elle doit offrir des structures collectives et publiques de qualité et accessibles à tous, comme les écoles ou les hôpitaux. Par exemple, l'accès à la lumière peut paraître une évidence, mais dans de nombreux pays les rues restent sombres ce qui entraîne de l'insécurité. De même, les centrales de traitement des eaux, les hôpitaux et les écoles sont autant de structures

qui ne peuvent pas se passer d'électricité ! Elle doit aussi lutter contre le réchauffement climatique, permettre le fonctionnement durable de son agriculture, l'assainissement des eaux... Tout cela demande des ressources en énergies que l'on doit partager équitablement et durablement, et donc un environnement en bonne santé. Face à de tels défis, la solidarité est tout simplement essentielle.

Le plus

En 2009, le passage à l'heure d'été a permis d'économiser l'équivalent de la consommation énergétique de 800 000 foyers !

De chez soi à l'autre bout du monde

L'accès à l'énergie et la réduction des émissions de CO₂, ça concerne le monde entier. Mais les inégalités entre les pays sont nombreuses : géographie, histoire, choix des sources d'énergie, puissance économique... Lorsque l'accès à l'énergie devient trop cher ou impossible, alors la solidarité énergétique entre les pays peut apporter des solutions, comme le partage des coûts et la complémentarité entre les énergies choisies. Pour que l'ensemble des populations humaines puissent avoir accès à l'énergie à un prix abordable tout en réduisant ses émissions de CO₂, il faut que la sécurité d'approvisionnement soit assurée, ce qui nécessite une collaboration solidaire entre les états !

L'énergie enseigne la solidarité

En baissant le chauffage de 2 degrés seulement, les élèves d'une classe de primaire en Suisse ont pu économiser assez d'argent pour permettre à une école située à plus de 4 000 m d'altitude au Pérou de s'équiper en énergie solaire et de chauffer les salles de classe !

Les îles en première ligne...

... de l'innovation !

Les îles disposent de ressources énergétiques marines extraordinaires : vagues, marées, soleil, vents marins... Nombres d'entre elles développent des projets énergétiques marins audacieux pour réduire leur dépendance aux importations d'énergies fossiles, et se protéger des changements climatiques auxquels elles sont si sensibles. Par exemple, la Polynésie a pour objectif de produire la moitié de son électricité grâce aux énergies renouvelables en 2020, et la totalité en 2050 !



Énergie : politique de l'Europe et ambitions de la France

L'Europe fonde sa politique énergétique sur les points suivants : le fonctionnement du marché de l'énergie, la sécurité en approvisionnement énergétique, l'efficacité énergétique, les économies d'énergies... mais aussi sur les énergies nouvelles et renouvelables, **définies en fiche 7 du kit 100 % Océan.**

La France s'inscrit dans les objectifs du plan européen « climat-énergie » en visant 23 % d'énergies renouvelables pour 2020, tout en y incluant les énergies marines qui devront représenter 3% de ces énergies. La France s'est également engagée à diviser par 4 sa consommation d'énergie d'ici 2050.

Le plan climat-énergie : rendez-vous en 2020 !

Le plan « Énergie-climat » de l'Europe fixe des objectifs ambitieux pour 2020 (électricité, chaleur, et carburants confondus) :

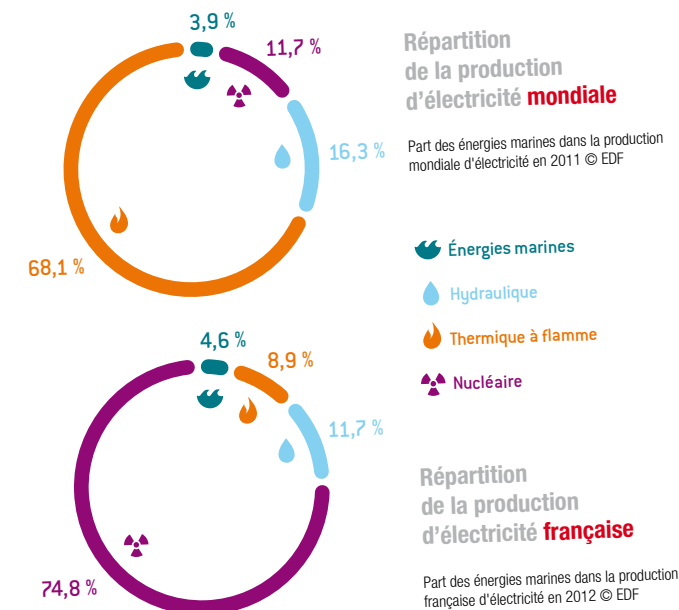
- réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre ;
- réduire la consommation énergétique de 20 % ;
- produire 20 % de l'énergie grâce aux énergies renouvelables.

Énergies marines en France : un potentiel exceptionnel

La production d'électricité française représentait 541,5 TWh en 2012, dont 25,2 TWh issus des EMR, soit 4,6 %. La France possède d'incalculables atouts, qui sont encore sous-exploités. Certains sont en plein développement, et d'autres sont en cours d'expérimentation. Elle possède le deuxième territoire marin au monde et de nombreuses façades maritimes, ce qui lui ouvre de nombreuses possibilités de développement des énergies marines... Cela pourrait, par exemple, diminuer la part des importations de gaz ou de pétrole et améliorer l'indépendance énergétique du pays.

À lui seul, le large de la Bretagne concentre 20 % du potentiel hydroléon européen. Au niveau mondial, la France est le premier producteur d'énergies marines avec l'usine marémotrice de la Rance.

Les énergies marines dans le monde



Les EMR dans le monde

Au niveau mondial, en 2011 les énergies marines représentaient 3,9 % des 21 964 TWh d'électricité produits dans le monde, soit 868 TWh. C'est le Royaume Uni qui dispose actuellement du plus grand parc éolien offshore au monde : il s'agit du London Array. Avec ses 175 turbines, chaque année il permet d'éviter le rejet de 900 000 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. Le Canada, la Corée du Sud, la Chine et la Russie utilisent eux aussi l'océan pour produire une part de l'énergie. D'autres projets sont à l'étude en Inde ou encore aux Philippines... L'océan représente un véritable potentiel énergétique pour l'avenir et les pays sont de plus en plus nombreux à s'y intéresser !

3 vive la modernité océanique !

Un nouveau monde à explorer

Certaines sources d'énergies marines sont déjà bien connues comme le vent, le soleil, les vagues, les courants...

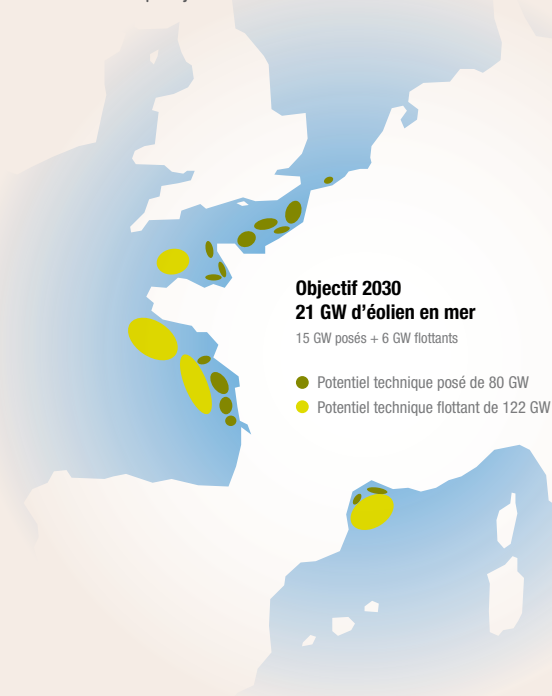
Il en existe d'autres, moins connues, mais tout aussi intéressantes : la différence de température entre le fond de la mer et la surface, ou encore la différence entre la salinité de l'eau de mer et celle de l'eau douce peuvent elles aussi être utilisées pour produire de l'énergie !

Un peu d'histoire...

L'utilisation de l'énergie éolienne n'est pas née d'hier. Avant la révolution industrielle, elle représentait la majorité de la production d'énergie ! Par exemple, le vent servait à faire tourner les moulins qui produisaient des aliments de base comme la farine, ou à faire naviguer les bateaux à voile qui permettaient l'essentiel du commerce et de l'exploration du monde. En 1890, le danois Paul La Cour invente les premières éoliennes ayant pour but de produire de l'électricité. Depuis les années 90, de nombreuses innovations ont permis de construire des parcs éoliens de plus en plus puissants, notamment en mer.

Un océan d'innovations

Innover, c'est améliorer ce qui existe de manière radicale, et surtout, de manière applicable. Innover pour les énergies marines en France, cela signifie s'offrir la possibilité d'atteindre 6 gigawatt d'énergies marines renouvelables d'ici 2020 : un vivier potentiel de 37 000 emplois ! 6 GW, cela représente l'équivalent énergétique de trois réacteurs nucléaires EPR (Réacteur Pressurisé Européen). Selon le Groupement des Industriels des Constructions et Activités Navales, il est possible d'atteindre 15 GW d'EMR et de créer 83 000 emplois d'ici 2030. Une multitude de technologies et de métiers sont concernés directement ou indirectement. Entre 2015 et 2020, il devrait se construire entre 8 et 9 gigawatt d'éolienne offshore par an, ce qui représente 10 machines par jour.



N'oublions pas que nous avons affaire aux puissantes forces de l'océan. Adapter les techniques et améliorer sans cesse la résistance des matériaux : le défi n'est pas des moindres pour les ingénieurs !

Inventeur, innovateur : des idées à foison

Difficile de distinguer le premier du second. Les deux sont des créateurs : ils peuvent être designers, ingénieurs, dessinateurs, concepteurs... L'inventeur est celui qui crée une chose totalement nouvelle, tandis que l'innovateur améliore et crée à partir de cette même chose. Les dynamiques d'inventions et d'innovations permettent à la société d'avancer. Chaque élève peut décider aujourd'hui de relever ce défi d'avenir en se lançant dans l'aventure, et dans les études correspondantes !

L'E.I.E L'étude d'impact environnementale

Tout au long de ce livre du professeur, nous abordons un sujet fort : innover afin de produire des énergies plus durables et respectueuses de la nature.

Le point incontournable de ces grands chantiers est l'E.I.E. Les études d'impact environnementales sont la pierre angulaire de tout chantier d'envergure et les EMR sont pleinement concernées, car ces grands chantiers ont un impact sur l'environnement qu'il faut absolument connaître et maîtriser.

Quels sont ces impacts ?

Ils peuvent être temporaire ou permanent, négatifs ou bien positifs. Ils peuvent concerner l'environnement naturel : destruction des habitats de la faune et de la flore et disparition ou dérangement de ces espèces, pollution de l'eau ou de l'air... À l'inverse, de nouvelles installations peuvent faire office de récif artificiel et permettre à la vie de revenir s'y installer, comme sur les pylônes des éoliennes offshores danoises ! Ils peuvent concerner l'humain : dérangement des activités (comme la pêche et la circulation des bateaux), nuisances sonores, changement de la qualité de l'eau... On peut aussi leur reprocher de

modifier un paysage, d'avoir un effet sur un patrimoine naturel, touristique ou culturel.

Le rôle de l'E.I.E.

L'étude d'impact environnementale est imposée à tous les chantiers ayant des effets sur l'environnement humain et naturel. Si une entreprise publique ou privée souhaite construire des installations offshores, il ne suffit pas de transmettre les plans au maître d'œuvre. Avant tout, il faut obtenir l'autorisation de mettre en œuvre un tel chantier. Des lois françaises et européennes réglementent ces projets : l'entreprise a l'obligation de mener une E.I.E afin de montrer quels seront les impacts du projet sur l'environnement et sur les humains, de son installation à son éventuel démontage. L'E.I.E permettra à l'entreprise d'établir un « *point zéro* » de l'état de la zone qu'elle veut exploiter, puis elle doit analyser les effets négatifs et positifs de son projet sur la faune, la flore, le paysage, et sur les activités y étant déjà pratiquées. Ensuite, elle permet à l'entreprise,

aux élus, aux habitants concernés, aux autres usagers de la zone de prendre les décisions ensemble afin que le projet ne pénalise personne et profite à l'ensemble de la communauté : cela s'appelle la concertation. Elle est la pierre angulaire de tout projet se voulant durable.

Des progrès à faire

Aujourd'hui des efforts restent à faire pour que les E.I.E remplissent pleinement leur rôle et permettent aux grands travaux de limiter leurs impacts environnementaux et humains. Il faut que leurs recommandations soient correctement suivies et que les cahiers des charges soient renforcés. Le renforcement des études d'impacts environnementales fait partie des priorités pour aller vers un monde durable !

Lexique :

Impact environnemental : modifications qu'un projet ou procédé entraîne sur l'environnement, de sa conception à sa « *fin de vie* ».

Usagers : personne ou groupe de personne utilisant un service publique ou naturel.

Les énergies marines renouvelables

L'énergie éolienne offshore

Des vents marins pour éclairer les villes !

Les éoliennes en mer sont dites « offshore », ce qui signifie littéralement « hors côtes ». Tout comme les éoliennes terrestres, elles sont composées de trois pales que les vents font tourner. Ce mouvement de rotation transforme cette force en électricité. Pour faire face à la puissance de l'océan, des vagues et des rafales que rien ne vient ralentir, les ingénieurs ont du renforcer les éoliennes marines et leurs fondations qui viennent s'ancrer sur des fonds de 5 à 40 mètres en moyenne.

Pour obtenir une production d'électricité suffisante, on rassemble entre 20 et 50 éoliennes dans ce que l'on appelle les « parcs éoliens », ou les « fermes éoliennes ». Dans les années à venir, les parcs accueilleront entre 50 et 100 éoliennes !

Saviez-vous qu'une éolienne offshore peut produire deux fois plus d'énergie qu'une éolienne terrestre ? Les ambitions pour le futur sont de concevoir des éoliennes installées plus loin, à une trentaine de kilomètres

des côtes. Les vents du large ont l'avantage d'être plus réguliers et plus puissants. Les profondeurs étant plus importantes également, les ingénieurs travaillent sur un système d'éoliennes flottantes !

STEP by STEP en Guadeloupe !

La mer monte en renfort lorsque le vent tombe ! La STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage) est une technologie hydroélectrique qui permet de faire monter l'eau de la mer vers un bassin de stockage en hauteur puis de la faire redescendre : la force de l'eau descendante crée de l'énergie. Ce système permet de stocker beaucoup d'électricité : cela peut s'avérer essentiel lorsque les conditions météo ne permettent pas de produire d'énergie à l'aide du soleil ou du vent. Cette technologie nécessite deux bassins de stockage d'eau séparés par un dénivelé important : pendant les heures de consommation basse, l'eau du bassin inférieur est pompée pour remplir le bassin supérieur, tandis que pendant les heures de consommations fortes, l'eau du bassin supérieur est turbinée vers le bassin inférieur, ce qui crée de l'électricité ! En Guadeloupe, les dénivelés ne sont pas assez importants, alors est né un projet de STEP marine : c'est l'eau de la mer qui sera pompée vers un bassin supérieur et qui permettra d'approvisionner les maisons en électricité !

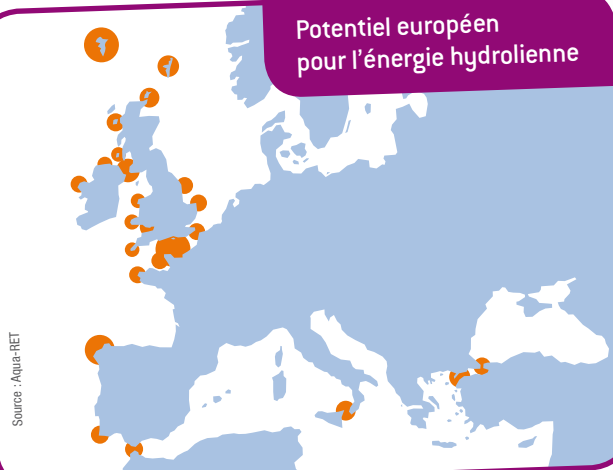
*Montage
d'une éolienne offshore*



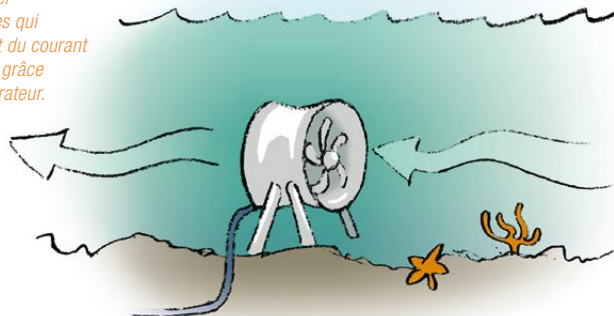
L'énergie hydrolienne

Les courants océaniques donnent beaucoup d'idées aux chercheurs, il existe énormément de manière d'utiliser les systèmes hydrauliques, et pleins de machines différentes.

Des milliers de courants marins traversent l'océan en permanence (les principaux courants marins sont illustrés en fiche 6 du kit 100 % océan). Les hydroliennes sont des sortes d'éoliennes sous-marines : l'énergie des courants fait tourner leurs pales, ce qui crée une énergie qui est transformée en électricité par un système de dynamo.



Les courants marins font tourner les turbines qui produisent du courant électrique grâce à un générateur.

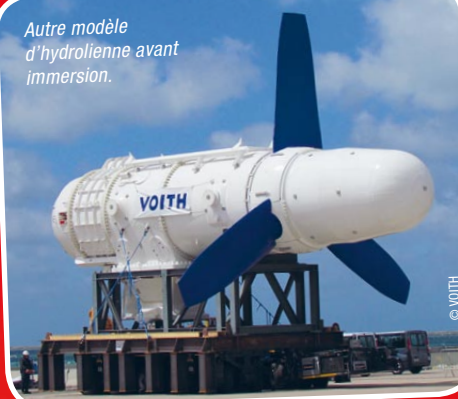


Cette technologie représente un fort potentiel énergétique, elle est respectueuse de l'environnement et elle a peu d'impact sur les autres activités maritimes, comme la circulation des bateaux.



Immersion d'une hydrolienne

Autre modèle d'hydrolienne avant immersion.



L'énergie houlomotrice

Une énergie qui fait des vagues et qui donne du fil à retordre aux ingénieurs !

C'est quoi ?

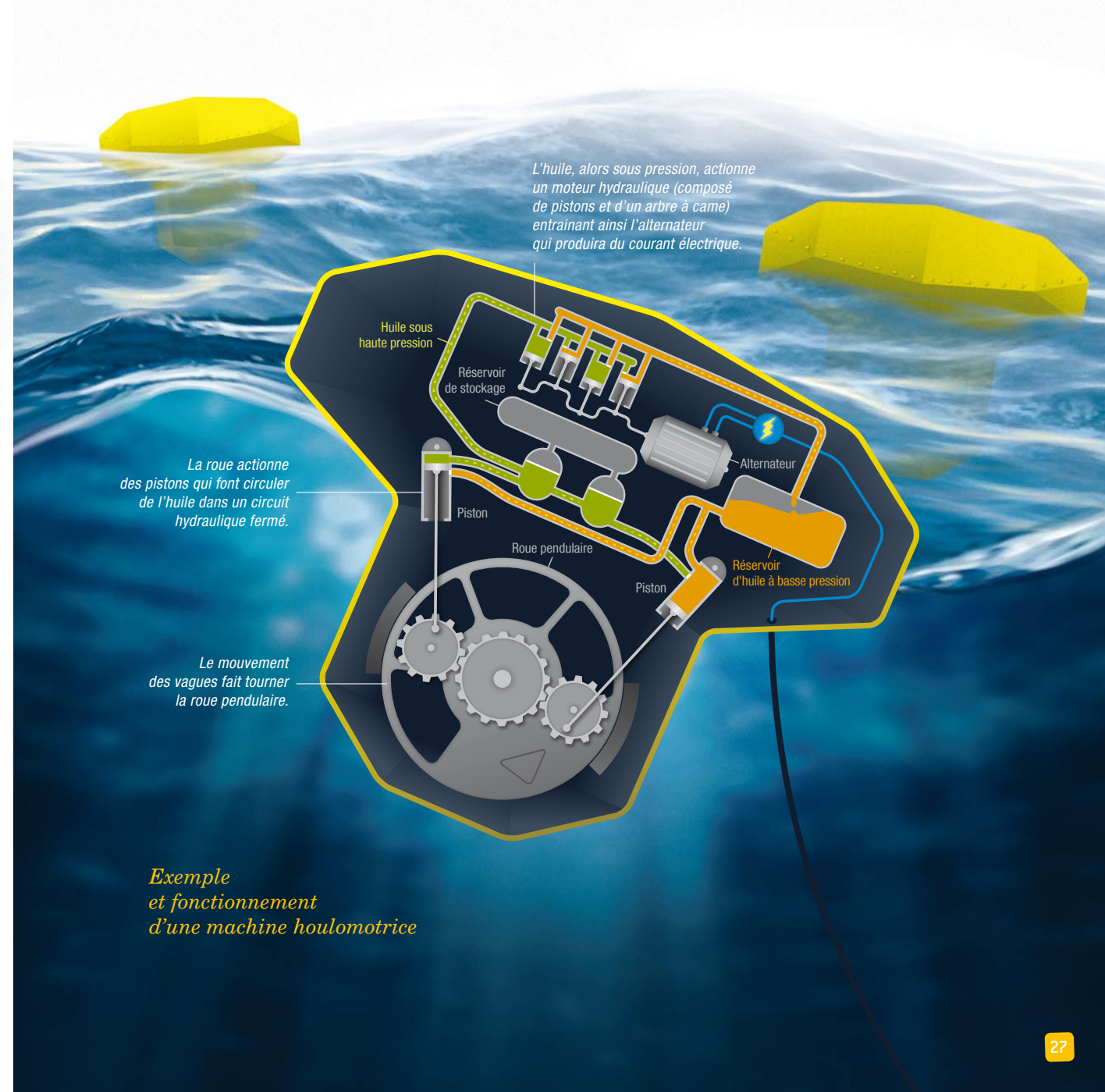
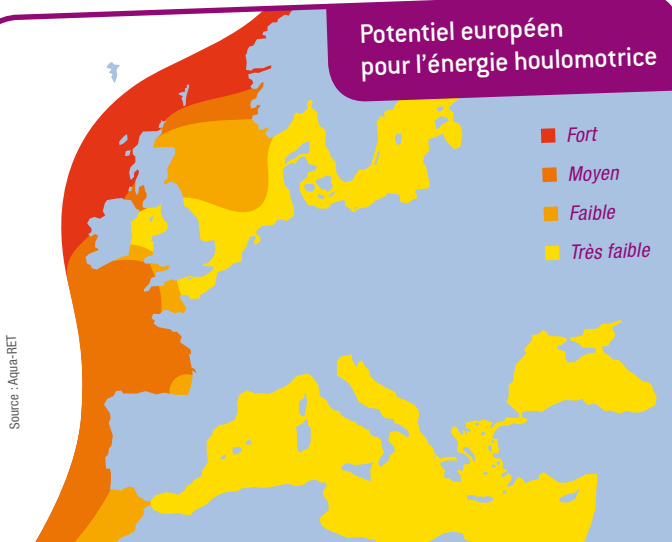
C'est la production d'énergie électrique grâce à la houle. On appelle « la houle » les vagues successives qui se forment sous l'effet du vent.

Il existe plusieurs façons d'utiliser la force des vagues (à part le surf !) : on peut capter le mouvement des vagues en surface, sous l'eau, au large ou près du rivage, ou encore exploiter les variations de pressions liés à leurs passages. Beaucoup de solutions sont donc à l'étude : une cinquantaine de projets différents ! L'utilisation des vagues demande des machines robustes, capables de résister à la puissance de ces dernières. Si l'on veut exploiter la force de la houle, il faut concevoir des machines capables de résister aux phénomènes violents tels que les tempêtes ou les tsunamis ! Ce sont les mouvements d'oscillation qu'elles créent en traversant la machine qui créent de l'énergie.

Les puissantes vagues de l'Écosse : un vrai trésor

Des vagues qui submergent les entreprises d'idées ! En Écosse, dans l'Archipel des Orcades, une multitude de projets sont expérimentés grâce à la force des courants et des vagues. De nombreuses entreprises, françaises et européennes, testent hydrolennes et engins houlomoteurs dans ce coin de planète battu par les vents marins. Onze machines y sont testées et d'autres les rejoindront bientôt. Cet Archipel de 20 000 habitants concentre la plus importante communauté de recherche et d'expérimentation sur les énergies marines.

Potentiel européen pour l'énergie houlomotrice



Exemple et fonctionnement d'une machine houlomotrice

L'énergie marémotrice

Produire de l'énergie au rythme des marées !

C'est quoi ?

L'énergie marémotrice exploite les zones de marées à fort « marnage ». Le marnage, c'est la différence de hauteur entre marée haute et marée basse. Plus la différence est importante, plus la puissance est grande.

Les usines marémotrices forment un barrage, dans un estuaire par exemple, les mouvements d'eau occasionnés par les marées traversent le barrage et font tourner un système d'hydroliennes, ce qui crée de l'énergie.

Une usine marémotrice peut être exploitée pendant 100 ans !

Dans le kit 100% océans, les avantages et inconvénients de cette exploitation sont présentés à travers l'exemple de l'usine de La Rance, première usine marémotrice au monde.

Le plus

Chaque année en France, l'usine de La Rance produit l'équivalent de l'électricité consommée par tous les habitants de la ville de Rennes en une année !

Potentiel européen pour l'énergie marémotrice

- Fort
- Moyen
- Faible
- Très faible

Source : Aqua-RET

Les usines marémotrices

À marée montante comme à marée descendante, l'eau traverse les turbines. En tournant, ces turbines entraînent l'alternateur qui permet alors de produire de l'électricité.

Les usines marémotrices sont équipées de turbines. Elles sont couplées à des alternateurs qui provoquent un courant électrique.

L'énergie thermique des mers

*L'alliance de la chaleur du soleil sur l'océan
et de la fraîcheur qu'offrent ses profondeurs...*



L'énergie thermique des mer (ETM) ou énergie maréthermique est l'exploitation des différences de températures entre le fond de l'océan et sa surface. Cette énergie est disponible dans les zones intertropicales, là où la surface de l'eau est la plus exposée à la chaleur du soleil.

La technologie :

Il s'agit d'aspirer simultanément l'eau très froide du fond de la mer et l'eau chaude de sa surface dans deux tuyaux menant à un évaporateur. La vapeur occasionnée par la différence de températures produit de la pression qui passe

dans un turbogénérateur, ce qui permet la production d'électricité. Cette source d'énergie est très intéressante pour les îles tropicales, en particulier pour toutes les îles volcaniques où

les grands fonds ne sont pas situés loin des côtes. La Réunion, et peut-être même les Caraïbes pourraient produire ainsi une partie de leur énergie.

Être au frais grâce à la mer !

À La Réunion, un prototype de centrale ETM est en cours de tests. Mais ce n'est pas tout ! L'hôpital de Saint-Pierre projette d'économiser 90% de l'électricité normalement utilisée pour climatiser ses locaux grâce au SWAC ! Le swac : le Sea Water Air Conditionned, utilise lui aussi cette eau froide pompée au fond des eaux réunionnaises pour refroidir les circuits de climatisation, avant d'être rejetée dans l'océan. La Réunion a l'avantage de ne pas avoir besoin d'aller chercher la fraîcheur très loin : l'océan est déjà suffisamment profond et froid à une dizaine de kilomètres des côtes.



© DCNS



*Vue d'une plate forme
d'usine ETM*

© DCNS

L'énergie osmotique



La rencontre entre eau douce et eau salée : un autre moyen de produire de l'électricité

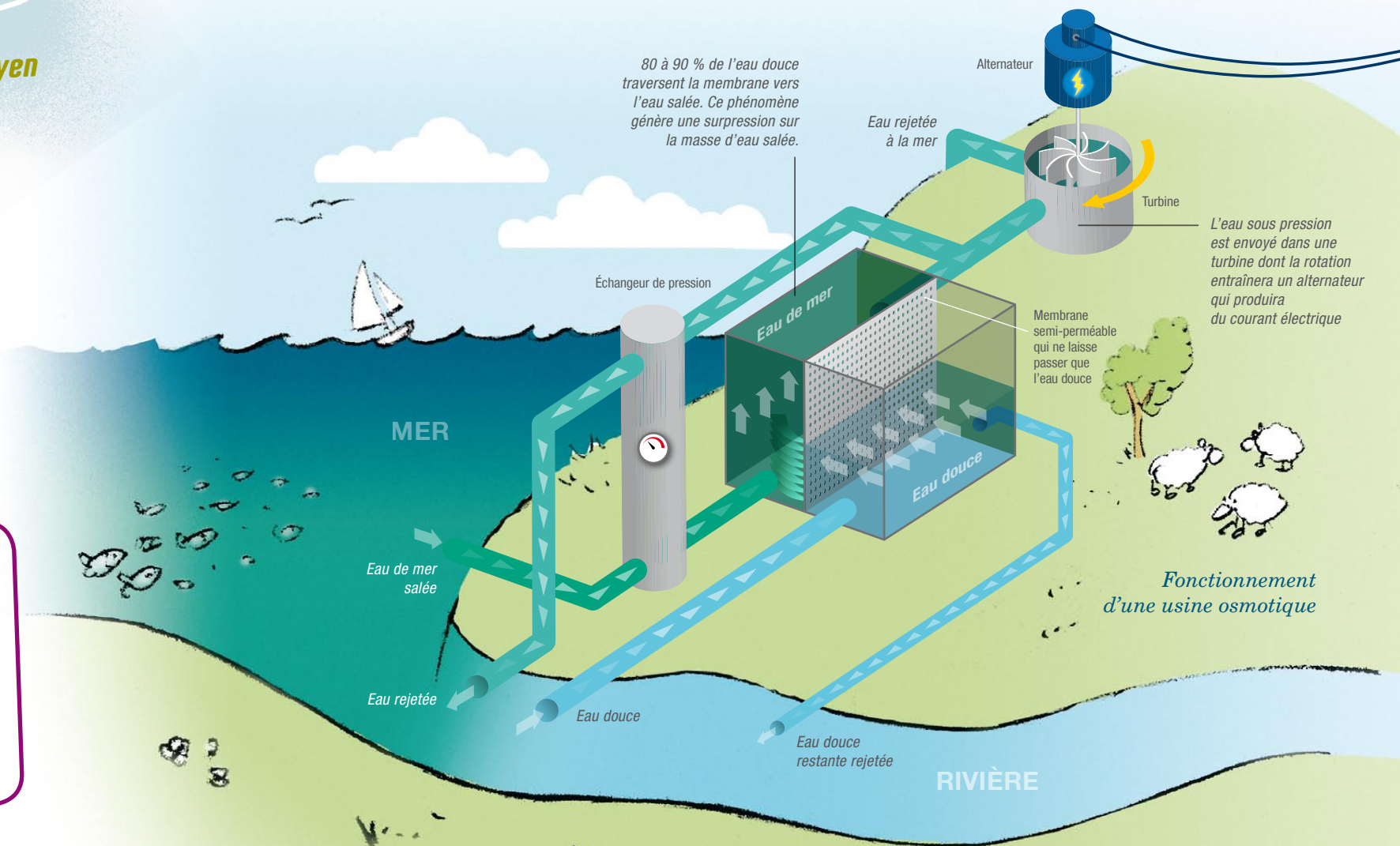
L'énergie osmotique, c'est l'utilisation de la différence de salinité entre l'eau douce et l'eau salée dans le but de produire de l'électricité. La salinité, c'est le taux de sel contenu dans l'eau.

Dans un même compartiment, on sépare une eau douce d'une eau salée par une membrane, un phénomène d'osmose se produit alors. Cela signifie que l'eau douce traverse la membrane pour venir adoucir l'eau salée, jusqu'à ce que la salinité soit la même des deux côtés. En conséquence, le niveau d'eau augmente et crée une pression dans la partie du compartiment où se trouve l'eau salée. Cette pression est utilisée pour faire tourner une turbine qui permet de produire de l'électricité.

C'est une technique peu développée (un seul prototype de centrale osmotique est testé en Norvège.), mais très prometteuse car elle respecte l'environnement tout en permettant de créer de l'énergie partout où de l'eau douce et de l'eau salée se côtoient, comme aux embouchures des fleuves.

Et l'osmose inverse ?

Il ne faut pas confondre énergie osmotique et osmose inverse. Cette dernière est une technologie utilisée pour produire de l'eau douce à partir de l'eau de mer. On appelle cela la « dessalinisation » de l'eau de mer. Certains pays au climat très sec, mais possédant des côtes maritimes, utilisent déjà ce procédé pour irriguer les champs avec de l'eau douce produite grâce à la mer.



L'électricité c'est important... Mais qu'en est-il des carburants ?



*Rouler en voiture grâce aux algues ?
L'océan est décidément un vivier de solutions surprenantes...*

Tandis que l'ONU demande à l'Europe d'utiliser des carburants moins nocifs, des chercheurs se tournent vers les micro-algues, qui sont aujourd'hui une ressource très étudiée pour remplacer le pétrole ! Ces organismes microscopiques intéressent scientifiques et entrepreneurs car ils sont faciles à cultiver, ont besoin de moins d'espaces que les agro-carburants et possèdent une croissance rapide. De plus, leur production pourrait éviter d'utiliser des ressources pouvant par ailleurs servir à l'agriculture alimentaire.

Les micro-algues représentent un fort potentiel énergétique car elles possèdent beaucoup de lipides (matières grasses contenues par

un être vivant) et la synthèse de leurs huiles permet d'élaborer des biocarburants. Tout comme les autres plantes, on peut optimiser leur croissance grâce à la photosynthèse* occasionnée par une forte exposition à la lumière. Leur culture permettrait donc également d'absorber et de recycler du CO₂, tandis que leur rendement serait 30 fois supérieur à celui du colza, lui aussi utilisé pour les biocarburants.

Cela permettrait, par exemple, de recycler du CO₂ produit par une industrie, en l'utilisant pour alimenter une usine de production d'algues, qui le recyclerait tout en produisant du biocarburant ! Ingénieux, non ?

Bonne nouvelle, l'IFREMER inaugurerait le premier laboratoire d'étude des micro-algues en Nouvelle-Calédonie en 2013.

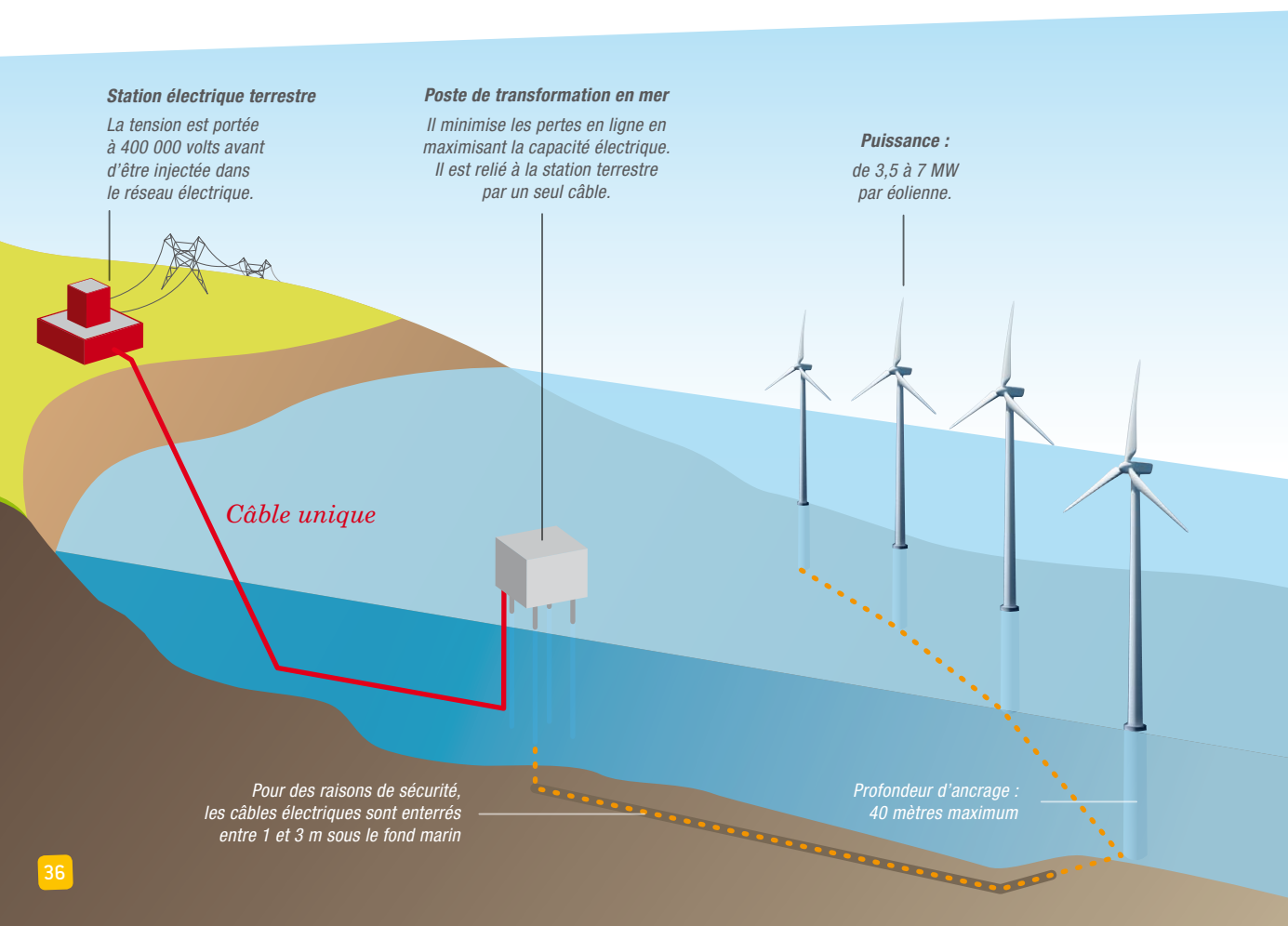
* La photosynthèse est expliquée en fiche 2 du kit 100% océans.



Énergies marines renouvelables et enjeux technologiques

Comment fonctionne un parc éolien en mer

**Les éoliennes « offshore » profitent d'un vent plus fort et régulier
Elles fonctionnent ainsi à pleine puissance environ 45 % du temps**



Le raccordement

Le raccordement est le système qui permet d'envoyer l'électricité produite en mer dans les réseaux terrestres de distribution d'électricité à l'aide de câbles sous-marins. Un véritable défi à relever en mer. En effet, les raccordements sous-marins doivent tenir compte de la nature du sol, de la profondeur, de la force du courant... Et des possibilités d'interventions en cas de problème ! Pour protéger ces câbles, le procédé le plus utilisé est l'ensouillage, qui consiste à creuser des sillons dans les sols marins

afin de les y enterrer. Ces câbles peuvent mesurer plusieurs kilomètres et être reliés à un poste électrique situé sur la côte, dans un port par exemple. Le défi est de prolonger les sillons sous-marin par un tunnel souterrain terrestre afin d'atteindre le poste en question.

Ainsi, il faut trouver la zone idéale, là où la source d'énergie marine est disponible (vents, houles...) et dont le sol permet l'installation des câbles de raccordement aux réseaux de distribution d'électricité.

Le site test du Croisic : une première en France

Il s'appelle « SEM-REV » et c'est le premier site français d'essais multi-technologies en mer dédié aux EMR. Il est relié à la côte par un câble électrique enfoui à 1, 5m sous le sol marin. Le câblage longe la côte Sauvage sur 330m avant de rejoindre le site d'essais 23km plus loin. C'est l'École Centrale de Nantes qui porte ce projet aux côtés notamment du CNRS.

Le Stockage



L'Agence Internationale de l'Énergie envisage une production d'électricité provenant à 40 % des énergies renouvelables d'ici 2070. Parmi ces énergies, nombreuses sont celles dites « *intermittentes* », et les EMR en font partie.

Que sont les énergies intermittentes ? Une éolienne a besoin de vent, une machine houlomotrice a besoin de houle... Ces énergies dépendent des conditions marines et ne sont pas disponibles en continu. À l'inverse, il peut arriver que les conditions soient favorables à une forte production d'énergie, tandis que la demande n'est pas importante. Si l'on veut pouvoir produire de l'énergie à grande échelle grâce aux forces de l'océan, il faut absolument trouver des solutions pour la stocker en masse afin qu'elle soit disponible lorsque les conditions ne permettent pas une forte production ou lors des pics de consommation.

Des procédés de stockage variés.

La recherche autour de procédés de stockage est un enjeu fort du développement des énergies marines renouvelables. Il existe des modes de stockage différents comme les STEP, les batteries, les condensateurs, et l'hydrogène. Le plus développé aujourd'hui pour les énergies renouvelables est le système de STEP. Le problème est que l'installation d'une STEP n'est pas possible partout.



Le coin du chimiste

Des chercheurs ont développé un système de stockage des énergies renouvelables grâce à l'hydrogène et au principe d'électrolyse ! L'électrolyse consiste à faire passer le courant électrique dans de l'eau grâce à deux électrodes. Cela a pour effet de « casser » les molécules d'eau et de créer de l'hydrogène. Les chercheurs ont amélioré cette technique en stockant l'hydrogène récupéré sous forme de galettes, ce qui est possible en le fixant à du magnésium. Les galettes ainsi stockées peuvent à nouveau être transformées en énergie lorsqu'on les chauffe : elles libèrent alors le gaz qu'elles contiennent.





Maud Fontenoy Foundation

Oceans Are Humanity's Future

Nos partenaires officiels :



CPME - CNRS - UPVD



Contact pédagogique / Educational contact

contact@maudfontenoyfoundation.com

Contact presse / Press and communications

presse@maudfontenoyfoundation.com

Maud Fontenoy Foundation

La Maison Champs-Élysées : 8, rue Jean Goujon - 75008 Paris

www.maudfontenoyfoundation.com



Retrouvez-nous sur **facebook**